

METHOD FOR FORMING CONTACT HOLE AND PLASMA ETCHING METHOD

Patent number: JP2000164571
Publication date: 2000-06-16
Inventor: SAKAMOTO AKIHISA; YAMANE TETSUYA
Applicant: SONY CORP
Classification:
- international: H01L21/3065; H01L21/28; H01L21/768
- european:
Application number: JP19980337068 19981127
Priority number(s):

[Report a data error here](#)

Abstract of JP2000164571

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a plasma etching method for forming a fine contact hole having reduced aperture by limiting spreading of top diameter in etching process, and a method for forming a contact hole employing the plasma etching method.

SOLUTION: A contact hole forming method and a plasma etching method thereof comprises a step for forming an insulation film (interlayer insulation film 2) on a conductor layer (semiconductor substrate 1), a step for depositing a resist 3 of the insulation film, a step for making an opening in the resist 3 through exposure and development, a step for removing the insulation film at least partially while depositing reaction products of etching gas on the surface of the resist by performing first etching using the resist as a mask, and a step for opening a contact hole reaching the conductor layer by performing second etching under different etching conditions.

Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

일본공개특허공보 평 12-164571호(2000.06.16) 1부.

[첨부그림 1]

(10) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-164571

(P2000-164571A)

(43) 公開日 平成12年6月16日 (2000.6.16)

(51) Int. Cl.	識別記号	F I	ページ (参考)
H 0 1 L	21/3085	H 0 1 L	J 4 M 1 0 4
	21/28		L 5 F 0 0 4
	21/768		C 5 F 0 8 8

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 9 頁)

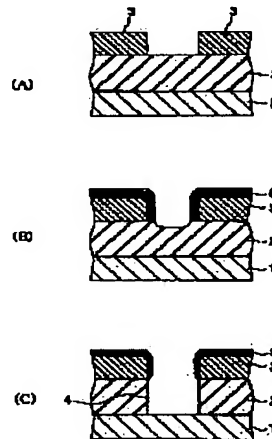
(21) 出願番号	特願平10-337068	(71) 出願人	000002185 ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号
(22) 出願日	平成10年11月27日 (1998.11.27)	(72) 発明者	坂本 明久 長崎県諫早市諫早町1889番43 ソニー長崎株式会社内
		(72) 発明者	山根 徹也 長崎県諫早市諫早町1889番43 ソニー長崎株式会社内
		(74) 代理人	100094053 弁理士 佐藤 隆久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コンタクトホール形成方法及びプラズマエッチング方法

【課題】 エッチングの過程におけるトップ径の広がりを抑制し、口径が縮小された微細コンタクトホールを形成することができるプラズマエッチング方法、およびこれを用いたコンタクトホール形成方法を提供する。

【解決手段】 導電体層 (半導体基板 1) 上に絶縁膜 (層間絶縁膜 2) を形成する工程と、絶縁膜上にレジスト 3 を成膜する工程と、レジストの露光・現像を行いレジスト 3 に開口を設ける工程と、レジストをマスクとして第 1 のエッチングを行い、レジスト表面にエッチングガスの反応物を堆積させながら絶縁膜の少なくとも一部を除去する工程と、エッチング条件の異なる第 2 のエッチングを行い、導電体層に達するコンタクトホールを開口する工程とを有するコンタクトホール形成方法及びそのプラズマエッチング方法。



【특許請求의範圍】

【請求項 1】 導電性層上に絶縁膜を形成する工程と、
前記絶縁膜上にレジストを成膜する工程と、
前記レジスト의露光および現像を行い、 콘택트홀-
形成領域上的前記レジスト를除去する工程と、
前記レジ스트를 마스크として第1의etching을を行い、
前記レジ스트表面에etching가스의反应物를堆積させ
ながら、 前記絶縁膜의少なくとも一部를除去する工程
と、
前記レジ스트를 마스크として前記絶縁膜に、 前記第1의
etchingとetching条件が異なる第2의etching
を行い、 前記導電性層に到達する콘택트홀を開口
する工程と를有する콘택트홀形成方法。
【請求項 2】 前記第1および第2의etchingは、etch-
ing가스를플라스마化させてetchingを行う플라스-
마etchingである請求項1記載의콘택트홀形成方法。
【請求項 3】 前記第1의etchingは、플라스마를発生
させる高周波의出力を制御して、 레지스트表面에etch-
ing가스의反应物를堆積させる請求項2記載의콘택트
홀形成方法。
【請求項 4】 前記第2의etchingは、 플라스마를発生
させる高周波의出力を前記第1의etchingよりも高く
して、 레지스트表面에etching가스의反应物를堆積さ
せずに請求項3記載의콘택트홀形成方法。
【請求項 5】 前記第1의etchingに用いられる前記etch-
ing가스는、 フロロカーボン系ガスを含有する請求
項4記載의콘택트홀形成方法。
【請求項 6】 前記フロロカーボン系ガスは、 CHF_3 であ
る請求項5記載의콘택트홀形成方法。
【請求項 7】 前記フロロカーボン系ガスは、 CF_4 であ
る請求項5記載의콘택트홀形成方法。
【請求項 8】 前記フロロカーボン系ガスは、 CF_4 であ
る請求項5記載의콘택트홀形成方法。
【請求項 9】 前記第1의etchingに用いられる前記etch-
ing가스는、 一酸化炭素(CO)를含有する請求項
5記載의콘택트홀形成方法。
【請求項 10】 前記絶縁膜は、 酸化シリコンからなる請
求項1記載의콘택트홀形成方法。
【請求項 11】 半導体基板上に絶縁膜を形成する工程
と、
前記絶縁膜上にレジストを成膜する工程と、
前記レジスト의露光および現像を行い、 前記レジスト의
パターニングを行う工程と、
前記レジスト를 마스크として第1의etchingを行い、
前記レジ스트表面에etching가스의反应物를堆積させ
ながら、 前記絶縁膜의少なくとも一部를除去する工程
と、
前記レジ스트를 마스크として前記絶縁膜に、 前記第1의
etchingよりも相対的に高い高周波出力で第2의etch-

ingを行い、 前記絶縁膜의パターニングを行う工程と
를有する플라스마etching方法。

【請求項 12】 前記絶縁膜は酸化シリコンからなる請求
項11記載의플라스마etching方法。

【0001】

【発明の種別と技術分野】本発明は、半導体装置の製造
において絶縁膜의パターニングを高精度に行うことがで
きる플라스마etching方法、およびこれを用いたコン
タクトホール形成方法に関し、特に、 콘택트ホール
上端의口徑(トップ徑)의広がりを抑制することができ
る微細 콘택트ホールの形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年の半導体装置の高集積化に伴い、半
導体装置には多層配線構造が必要となっている。配線間
の電気的接続のため、例えば酸化シリコンからなる層間
絶縁膜に 콘택트ホールが形成される。半導体装置の
微細化に適した、微細 콘택트ホールの形成技術が要
求されている。

【0003】従来の 콘택트ホール形成方法につい
て、図4(A)および(B)を参照して説明する。図4
(A)に示すように、不純物拡散層(不図示)等が形成
された基板1上に、例えば酸化シリコンからなる層間絶
縁膜2を成膜する。その上層にレジスト3を塗布してか
らレジスト3の露光・現像を行って、 콘택트ホール
形成部分のレジスト3に開口を施ける。

【0004】その後、図4(B)に示すように、レジ
スト3를 마스크として層間絶縁膜2にetching。例えば
反応性イオンetching(RIE)を行い、 基板1를露
出させる。このetchingには高密度플라스마를発生で
きる装置、例えばマグネトロン型ドライetching装置
あるいは平行平板型ドライetching装置等が用いられ
る。以上の工程により、層間絶縁膜2に 콘택트ホール
4が形成される。

【0005】 콘택트ホール徑が縮小され、 콘タク
トホール의アスペクト比が増大した結果、 콘택トホ
ール内に金属配線層を良好な接合接性(ステップカバ
レッジ)で形成することが困難となった。 콘택トホ
ール底部における金属配線層の接合性が良好でない場合
には、 콘タクト抵抗が増加して接続不良となる。コン
タクトホール内に埋め込まれる金属配線層の接合性を改
善する目的で、多段階のetchingを行う方法が開示さ
れている。

【0006】例えば、特開平9-186145号公報記
載의콘택トホール形成方法によれば、等方性etch-
ingにより層間絶縁膜表面の一部를除去した後、下地
の導電層が露出するまで異方性etchingを行う。これに
より、上端部がテーパ状となった 콘택トホールが形
成される。さらに、第1의플라스마etching処理を行
い、 콘タクトホール上端部における開口徑を大きくし

て、角の鋭い断面形状にする。第1のプラズマエッチング処理は高圧(好適には3~7mTorr)かつ高周波電圧の出力が低い(好適には200~400W)条件下で行う。その後、第2のプラズマエッチング処理を行い、コンタクトホール底部に生成する金属酸化物(具体的にはAl₂O₃膜)の除去を行う。第2のプラズマエッチング処理は低圧(好適には0.3~0.7mTorr)かつ高周波電圧の出力が高い(好適には400~600W)条件下で行う。

【0007】あるいは、等方性エッチングと異方性エッチングの2段階のエッチングを行わず、前述した図4(B)に示す工程と同様に、1段階のエッチングでコンタクトホールを形成した後、第1および第2のプラズマエッチング処理を行うことも可能である。以上のよう、特開平9-186145号公報記載のコンタクトホール形成方法は、圧力および高周波出力が異なる第1および第2のプラズマエッチング処理を行い、コンタクトホール上端近傍の断面形状を変化させることを特徴としている。これにより、コンタクトホール内の金属配線層の接合性が改善される。

【0008】また、特開平8-107106号公報には、垂直方向および水平方向ともにエッチング速度が大きい第1のエッチングプロセスと、垂直方向のみにエッチング速度が大きい第2のエッチングプロセスを組み合わせて、開口部が所望のテーパ形状に制御されたコンタクトホールを形成する方法が開示されている。特開平8-107106号公報記載の方法においては、層間絶縁膜をエッチング速度の異なる2層の絶縁膜の積層膜とすることにより、さらにテーパ角の制御性を向上させることができる。特開平8-107106号公報記載の方法によっても、コンタクトホール内に埋め込まれる金属配線層の接合性が改善される。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 前述した、図4に示す従来のコンタクトホール形成方法によれば、レジスト3をマスクとして層間絶縁膜2にエッチングを行う際、コンタクトホール内に面したレジスト3の側壁がエッチングされ、コンタクトホール4のトップ径が設計寸法よりも大きくなるという問題が発生する。

【0010】図4(A)に示すようにレジスト3の開口径をx μ mとすると、図4(B)に示すようにエッチング終点においては、レジスト3の開口径がエッチング初期に比較してa μ m大きくなる。例えば、エッチング初期のxを0.4 μ m程度とすると、aは0.08~0.10 μ m程度となる。したがって、図5(A)に示すように、トップ径がボトム径(コンタクトホール底部の口径)よりも大きいコンタクトホールが形成される。

【0011】図5(A)に示すように、コンタクトホール4内にはシリコン基板1と金属配線層との反応を防止するためのバリアメタル層5が形成され、バリアメタル

層5を介して例えばタングステンからなるプラグ6が埋め込まれることが多く、コンタクトホール4およびその近傍の層間絶縁膜2上を被覆するように、例えばアルミニウムまたはアルミニウム合金からなる上層配線7が形成される。図5(A)に矢印で示すように、半導体装置の微細化によりコンタクトホール口径が縮小され、さらに、エッチング工程においてコンタクトホールのトップ径が拡大されると、コンタクトホール4上を被覆する上層配線7のオーバーラップ量Lが不十分となる。

【0012】また、上層配線7をパターニングした後、有機溶剤等を用いて洗浄を行う工程において、オーバーラップ量Lが不足している場合、バリアメタル層5が浸食される。これによりコンタクト抵抗が増大し、高導性や信頼性といったデバイス特性に悪影響を及ぼすことになる。図5(B)に、コンタクトホールと上層配線とのオーバーラップ量Lと、コンタクト抵抗との相関を模式的に示す。図5(B)に示すように、オーバーラップ量Lが不足するとコンタクト抵抗は指数関数的に増大する。

【0013】前述した、特開平9-186145号公報記載のコンタクトホール形成方法によれば、多段階のエッチング工程を行い、上端部がテーパ状となったコンタクトホールを形成して金属配線層の段差接合性を改善させている。また、特開平8-107106号公報記載の方法においても、多段階のエッチング工程により、開口部のテーパ形状を所望の角度に制御してコンタクトホールを形成し、金属配線層の段差接合性を改善させている。これらの技術はいずれも多段階のエッチング工程を行うが、高アスペクト比のコンタクトホールのトップ径を拡大させる方法であり、口径(特にトップ径)の拡がりを抑えた微細コンタクトホール形成技術とは異なる。

【0014】図5に示すオーバーラップ量Lを十分に確保する手段としては、レジストの開口径を縮小する、露光工程におけるコンタクトとレジストパターンニング用マスクとの合わせ精度を高める、洗浄工程に用いられる有機溶剤をバリアメタルの溶解が速い溶剤に置き換える、等の方法が考えられる。レジストの開口径を縮小することは、レジスト現像時における不要なレジストの除去しやすさ(レジストの抜け性)の問題とトレードオフの関係にあり、歩留りを考慮すると実施は困難である。

【0015】また、マスク合わせ精度はリソグラフィ装置の装置性能に依存するため、既存の装置を用いて精度の改善を図ることは困難である。さらに、洗浄用の有機溶剤としては配線層パターンニング後のポリマー除去性が高い、あるいは、配線層からの金属(例えば銅)の溶出がない、毒性が低い等の条件を満たすものを選択する必要があり、簡単に溶剤を変更することはできない。

【0016】本発明は上記の問題点を鑑みてなされたものであり、したがって本発明は、エッチングの過程におけるトップ径の拡がりを抑制し、口径が縮小された微細コンタクトホールを形成することができるプラズマエ

칭 방법,およびこれを用いたコンタクトホール形成 방법을提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明のコンタクトホール形成方法は、基板体層上に絶縁膜を形成する工程と、前記絶縁膜上にレジストを成膜する工程と、前記レジストの露光および現像を行い、コンタクトホール形成領域上の前記レジストを除去する工程と、前記レジストをマスクとして第1のエッチングを行い、前記レジスト表面にエッチングガスの反応物を堆積させながら、前記絶縁膜の少なくとも一部を除去する工程と、前記レジストをマスクとして前記絶縁膜に、前記第1のエッチングとエッチング条件が異なる第2のエッチングを行い、前記基板体層に達するコンタクトホールを開く工程とを有することを特徴とする。

【0018】本発明のコンタクトホール形成方法は、好適には、前記第1および第2のエッチングは、エッチングガスをプラズマ化させてエッチングを行うプラズマエッチングであることを特徴とする。本発明のコンタクトホール形成方法は、さらに好適には、前記第1のエッチングは、プラズマを発生させる高周波の出力を制御して、レジスト表面へエッチングガスの反応物を堆積させることを特徴とする。また、本発明のコンタクトホール形成方法は、好適には、前記第2のエッチングは、プラズマを発生させる高周波の出力を前記第1のエッチングよりも高くして、レジスト表面へエッチングガスの反応物を堆積させずに行うことを特徴とする。

【0019】本発明のコンタクトホール形成方法は、好適には、前記第1のエッチングに用いられる前記エッチングガスは、フッロカーボン系ガスを含有することを特徴とする。本発明のコンタクトホール形成方法は、さらに好適には、前記フッロカーボン系ガスは、 CF_3 、 CF_4 または C_4F_8 のうちの少なくとも1つであることを特徴とする。

【0020】本発明のコンタクトホール形成方法は、好適には、前記第1のエッチングに用いられる前記エッチングガスは、一酸化炭素(CO)を含有することを特徴とする。本発明のコンタクトホール形成方法は、好適には、前記絶縁膜は酸化シリコンからなることを特徴とする。

【0021】これにより、コンタクトホールトップ径の広がりが抑制され、コンタクトホールと上層配線とのオーバーラップ量を十分に確保することが可能となる。したがって、コンタクト抵抗の増大が防止され、半導体装置の高速度、信頼性等の特性が向上される。また、本発明のコンタクトホール形成方法によれば、エッチングマスクとして用いるレジストの開口径を小さくせずに、微細コンタクトホールを形成することが可能である。したがって、レジスト現像時に不要なレジストが除去されにくくなることはない。

【0022】本発明のコンタクトホール形成方法において、第1および第2のエッチング工程には、従来のコンタクトホール形成方法と同様の装置およびエッチングガスを使用することが可能であるため、新たな設備導入や装置の改造は不要である。さらに、第1のエッチング工程においてレジスト表面に堆積されるエッチングガス反応物は、レジストの保護膜として機能するため、層間絶縁膜のレジストに対するエッチング選択比が向上する。したがって、レジストの溶融化やオーバーエッチの増加が可能となる。

【0023】これにより、多層配線構造の半導体装置においてもコンタクトホールのトップ径の広がりが抑制された微細コンタクトホールを形成することが可能となる。これにより、上層配線とコンタクトホール内に埋め込まれたプラグとのオーバーラップが十分に確保されるため、コンタクト抵抗の増大が防止される。

【0024】また、上記の目的を達成するため、本発明のプラズマエッチング方法は、半導体基板上に絶縁膜を形成する工程と、前記絶縁膜上にレジストを成膜する工程と、前記レジストの露光および現像を行い、前記レジストのパターニングを行う工程と、前記レジストをマスクとして第1のエッチングを行い、前記レジスト表面にエッチングガスの反応物を堆積させながら、前記絶縁膜の少なくとも一部を除去する工程と、前記レジストをマスクとして前記絶縁膜に、前記第1のエッチングよりも相対的に高い高周波出力で第2のエッチングを行い、前記絶縁膜のパターニングを行う工程とを有することを特徴とする。本発明のプラズマエッチング方法は、好適には、前記絶縁膜は酸化シリコンからなることを特徴とする。

【0025】これにより、第1のエッチングにおいてエッチングガスの反応生成物がレジスト上に堆積され、第2のエッチングにおけるレジストの保護膜として機能する。したがって、例えば酸化シリコンからなる絶縁膜に、設計寸法からのずれが少ない高精度なパターニングを行うことが可能となる。

【0026】

【発明の実施の形態】以下に、本発明のプラズマエッチング方法およびコンタクトホール形成方法の実施の形態について、図面を参照して説明する。図1は、本発明のプラズマエッチング方法およびコンタクトホール形成方法に用いることができるプラズマエッチング装置の例であり、(A)はマグネトロン型、(B)は平行平板型の概略図である。

【0027】図1(A)に示すマグネトロン型エッチング装置は、ガスインレット11から反応室にエッチングガスを導入し、高周波によりガスをプラズマ化させてエッチングを行う装置である。高周波は上部電極12をアノードとして、下部電極13および高周波電源14を用いて発生させる。反応室の側壁部分にあるソールドリ

그 15および永久磁石(マルチポール磁石) 15により、磁場の押し込めが行われる。下部電極 13と平行なステージ(不図示)上にウェハ 17を載せ、エッチングを行う。

【0028】図 1(B)に示す平行平板型エッチング装置も、ガスインレット 21から反応室にエッチングガスを導入し、高周波によりガスをプラズマ化させてエッチングを行う装置であり、上部電極 22、シールドリング 23、下部電極 24および高周波電源 25を有する。下部電極 24と平行なステージ(不図示)上にウェハ 26を載せ、エッチングを行う。本発明のプラズマエッチング方法およびコンタクトホール形成方法には、上記以外の、例えば誘導結合プラズ마(ICP)型、あるいはヘリコン波プラズ마型のエッチング装置を用いることもできる。

【0029】次に、本実施形態のコンタクトホール形成方法について、図 2(A)~(C)を参照して説明する。まず、図 2(A)に示すように、ソース/ドレイン領域等の不純物拡散層(不図示)が形成された基板 1の上層に、酸化シリコンからなる層間絶縁膜 2を形成する。層間絶縁膜 2の形成は、例えば CVD(chemical vapor deposition)法により行い、膜厚は例えば 1.2 μm とする。層間絶縁膜 2の上層にレジスト 3を塗布し、フォトリソグラフィ工程により開口が例えば 0.4 μm である開口をレジスト 3に設ける。

【0030】次に、図 2(B)に示すように、レジスト 3をマスクとして層間絶縁膜 2に第 1段階のエッチングを行う。第 1段階のエッチングは層間絶縁膜 2のエッチング速度が低く、レジスト 3上へエッチングガスの反応物が堆積しやすい条件で行う。図 2(B)に堆積物 8として示すように、レジスト 3の上層にはレジスト 3の側壁に比較して相対的に厚い反応物が堆積される。

【0031】第 1のエッチング工程のエッチングガスに、例えば CF_4 、 CHF_3 または C_4F_8 等のフッ素-カーボンガスを含有させると、プラズマ中でガス分子が電子との衝突により解離する。また、ドライエッチングにおいてはレジストも同時にエッチングされ、その構成元素(具体的には酸素や炭素など)はプラズマ中のエッチングガスと同様の働きをする。これらの反応により、例えば CF_x 分子が生成してエッチング表面に吸着したり、あるいはレジスト表面と反応する。さらに、 CF_4 等のフッ素-カーボン系ガスに CO を大量に添加すると、 CO の分解生成物である炭素原子(あるいはラジカル)が大量に発生し、この炭素がフッ素-カーボン膜の形成を促進することも知られている。

【0032】次に、図 2(C)に示すように、エッチング条件を変更して層間絶縁膜 2に第 2段階のエッチング(異方性エッチング)を行い、基板 1の表面に達するコンタクトホール 4を形成する。ここで、レジスト 3の表

面を被覆する堆積物 8はレジスト 3の保護膜として機能し、層間絶縁膜 2のレジスト 3に対するエッチング選択比が向上する。コンタクトホール 4を形成した後、例えば酸素プラズマを用いたアッシングを行い、表面に付着した堆積物 8を含むレジスト 3を除去する。

【0033】上記の本発明のコンタクトホール形成方法によれば、トップ層の底がりが抑制され、コンタクトホール 4と上層配線(不図示)とのオーバーラップ量を十分に確保することが可能となる。これにより、コンタクト抵抗の増大が防止されるため、半導体装置において高導性、信頼性などの特性を向上させることができる。

【0034】また、本発明のコンタクトホール形成方法によれば、エッチングマスクとして用いるレジストの開口径を小さくせずに、微細コンタクトホールを形成することが可能である。したがって、レジストパターンニング時のレジスト抜け性の問題が回避される。

【0035】上記の第 1および第 2のエッチング工程においては、従来のコンタクトホール形成方法と同様の装置およびエッチングガスを使用することが可能であるため、新たな設備導入や装置の改造は不要である。したがって、装置のメンテナンス性の劣化や、生産性への悪影響が発生することはない。層間絶縁膜 2にコンタクトホール 4を開孔後(図 2(C)に示す工程以降)は、従来のコンタクトホール形成方法と同様の処理を行うことが可能である。さらに、レジスト 3表面の堆積物 8により層間絶縁膜 2のレジスト 3に対するエッチング選択比が向上するため、レジストの薄層化やオーバーエッチの増加が可能となる。

【0036】(実施形態 1) 第 1および第 2のエッチング工程において、図 1(A)に示すようなマクネトロンプラズマエッチング装置を用い、第 1のエッチング工程を例えば以下の条件(条件 1とする)で行った。

(条件 1)
 圧力: 30 mTorr
 RF出力: 700W
 エッチングガス: $\text{CHF}_3 / \text{CO} = 3/0 / 17.0 \pm 0.0$ m
 下部電極温度: 35℃
 この場合、第 1のエッチング工程における層間絶縁膜 2のエッチング速度は 3210 $\text{\AA}/\text{min}$ 、均一性 3.6%、レジスト 3上への反応物(堆積物 8)の堆積速度は 70 $\text{\AA}/\text{min}$ であった。
 【0037】引き続き、第 2のエッチング工程を例えば以下の条件(条件 Aとする)で行った。
 (条件 A)
 圧力: 30 mTorr
 RF出力: 1400W
 エッチングガス: $\text{CHF}_3 / \text{CO} = 3/0 / 17.0 \pm 0.0$ m
 下部電極温度: 35℃

層間絶縁膜2 (1.2 μm) に対するオーバーエッチ:
50%

この場合、レジスト3の開口径 $x=0.40\mu\text{m}$ に対し、ドライエッチング後のコンタクトホール4のトップ径は0.45 μm となり、トップ径の拡がり a (図4参照)は0.05 μm であった。

【0038】(実施形態2)第1のエッチング工程において、図1(A)に示すようなマグネトロン型プラズマエッチング装置を用い、第1のエッチング工程を上記の実施形態1と同様の条件(条件1)で行った。引き続き、図1(B)に示すような平行平板型プラズマエッチング装置を用いて、第2のエッチング工程を例えば以下の条件(条件Bとする)で行った。

(条件B)

圧力: 250mTorr

RF出力: 800W

エッチングガス: CHF₃/CF₄/Ar = 20/20/20 sccm

下部電極温度: -10℃

層間絶縁膜2 (1.2 μm) に対するオーバーエッチ:
50%

この場合、レジスト3の開口径 $x=0.40\mu\text{m}$ に対し、ドライエッチング後のコンタクトホール4のトップ径は0.45 μm となり、トップ径の拡がり a (図4参照)は0.05 μm であった。

【0039】(実施形態3)上記の第1および第2のエッチング工程において、図1(A)に示すようなマグネトロン型プラズマエッチング装置を用い、第1のエッチング工程を例えば以下の条件(条件2とする)で行った。

(条件2)

圧力: 30mTorr

RF出力: 700W

エッチングガス: C₄F₈/CO/Ar = 1.8/30.0/40.0 sccm

下部電極温度: 35℃

この場合、第1のエッチング工程における層間絶縁膜2のエッチング速度は231Å/min、均一性5.8%、レジスト3上への反応物(堆積物B)の堆積速度は90Å/minであった。引き続き、第2のエッチング工程を上記の実施形態1と同様の条件(条件A)で行った。この場合、レジスト3の開口径 $x=0.40\mu\text{m}$ に対し、ドライエッチング後のコンタクトホール4のトップ径は0.44 μm となり、トップ径の拡がり a (図4参照)は0.04 μm であった。

【0040】(実施形態4)第1のエッチング工程において、図1(A)に示すようなマグネトロン型プラズマエッチング装置を用い、第1のエッチング工程を上記の実施形態3と同様の条件(条件2)で行った。引き続き、図1(B)に示すような平行平板型プラズマエッチ

ング装置を用いて、第2のエッチング工程を上記の実施形態2と同様の条件(条件B)で行った。この場合、レジスト3の開口径 $x=0.40\mu\text{m}$ に対し、ドライエッチング後のコンタクトホール4のトップ径は0.44 μm となり、トップ径の拡がり a (図4参照)は0.04 μm であった。

【0041】(実施形態5)第1のエッチング工程において、図1(B)に示すような平行平板型プラズマエッチング装置を用い、第1のエッチング工程を例えば以下の条件(条件3とする)で行った。

(条件3)

圧力: 250mTorr

RF出力: 300W

エッチングガス: CHF₃/CF₄/Ar = 20/20/20 sccm

下部電極温度: -10℃

この場合、第1のエッチング工程における層間絶縁膜2のエッチング速度は408.9Å/min、均一性4.1%、レジスト3上への反応物(堆積物B)の堆積速度は30Å/minであった。引き続き、図1(A)に示すようなマグネトロン型プラズマエッチング装置を用いて、第2のエッチング工程を上記の実施形態1と同様の条件(条件A)で行った。この場合、レジスト3の開口径 $x=0.40\mu\text{m}$ に対し、ドライエッチング後のコンタクトホール4のトップ径は0.47 μm となり、トップ径の拡がり a (図4参照)は0.07 μm であった。

【0042】(実施形態6)第1および第2のエッチング工程において、図1(B)に示すような平行平板型プラズマエッチング装置を用い、第1のエッチング工程を上記の実施形態5と同様の条件(条件3)で行った。引き続き、第2のエッチング工程を上記の実施形態2と同様の条件(条件B)で行った。この場合、レジスト3の開口径 $x=0.40\mu\text{m}$ に対し、ドライエッチング後のコンタクトホール4のトップ径は0.47 μm となり、トップ径の拡がり a (図4参照)は0.07 μm であった。

【0043】(比較例1)エッチング条件を変更した2段階のエッチング工程を行わずに、図4に示すような従来のコンタクトホール形成方法と同様に、1段階のエッチング工程でコンタクトホールを形成した。図1(A)に示すようなマグネトロン型プラズマエッチング装置を用い、上記の実施形態1、3または5における第2のエッチング工程と同様の条件(条件A)でコンタクトホールの形成を行った。この場合、層間絶縁膜2のエッチング速度は450.0Å/min、均一性3.3%であった。レジスト3の開口径 $x=0.40\mu\text{m}$ に対し、ドライエッチング後のコンタクトホール4のトップ径は0.48 μm となり、トップ径の拡がり a (図4参照)は0.08 μm であった。

【0044】(比較例2)エッチング条件を変更した2

실際のエッチング工程を行わず、比較例 1 と同様に 1 段、
 隔のエッチング工程でコンタクトホールを形成した。図
 1 (B) に示すような平行平板型プラズマエッチング装
 置を用い、上記の実施形態 2、4 または 6 における第 2
 のエッチング工程と同様の条件 (条件 B) でコンタクト
 ホールの形成を行った。この場合、層間絶縁膜 2 のエッ
 チング速度は $7800 \text{ \AA}/\text{min}$ 、均一性 3、1%であ
 った。レジスト 3 の開口径 $\phi = 0.40 \mu\text{m}$ に対し、ド
 ンタクトホールトップ径の幅が a (μm)

ライエッチング後のコンタクトホール 4 のトップ径は
 $0.50 \mu\text{m}$ となり、トップ径の幅が a (図 4 参照)。
 は $0.10 \mu\text{m}$ であった。
 【0045】以上の実施形態 1~6 および比較例 1~2
 におけるコンタクトホールトップ径の幅が a を、表 1
 にまとめた。
 【0046】
 【表 1】

	条件 1	条件 2	条件 3	—
条件 A/ マグネトロン型	0.05 (実 1)	0.04 (実 3)	0.07 (実 5)	0.08 (比 1)
条件 B/ 平行平板型	0.05 (実 2)	0.04 (実 4)	0.07 (実 6)	0.10 (比 2)

【表 1】条件 1~3 以降 1 のエッチング工程の条件、条件 A~B 以降 2 の
 エッチング工程の条件、第一実施形態、第二比較例。

【0047】表 1 に示すように、第 1 のエッチングを行
 ってレジスト表面への堆積を行った場合 (条件 1~3)
 には、行わぬ場合 (比較例) よりもトップ径の幅が a
 が小さくなる。これにより、コンタクトホールと上層
 配線とのオーバーラップ量を十分に確保することが可能
 になる。

【0048】(実施形態 7) 上記の実施形態 1~6 にお
 ける第 1 のエッチング工程のエッチング条件 (条件 1~
 3) をそれぞれ高周波 (RF) 出力のみ変化させ、レジ
 スト表面の反応物堆積速度との相関性について調べた結
 果を図 3 に示す。図 3 から、レジスト表面の反応物の堆
 積速度は高周波電力に依存して変化することがわかる。

【0049】マグネトロン型プラズマエッチング装置を
 用いる条件 1 および条件 2 の場合、高周波出力が 900
 W になるとレジスト上への堆積は起こらないが、 900
 W よりも低い高周波出力 (特に 600 W 以下) では堆積
 が進行する。一方、平行平板型プラズマエッチング装置
 を用いる条件 3 の場合には、条件 1 および条件 2 に比較
 して堆積速度が低い。高周波出力 300 W では堆積が
 進行する。高周波出力が 500 W 以上になるとレジスト
 表面への堆積はほとんど進行せず、層間絶縁膜 (シリ
 コン酸化膜) のエッチングが支配的に起こる。

【0050】図 3 に示すように、本発明のコンタクトホ
 ール形成方法において、第 1 のエッチング工程で起こる
 レジスト上への反応物の堆積には、エッチング装置のチ
 ェンバー構造や、プラズマの発生方式が影響する。した
 がって、プラズマを発生させるための高周波出力はエッ
 チング装置に応じて、適宜設定する。

【0051】(実施形態 8) 上記のコンタクトホール形
 成方法を、シリコン酸化膜のパターニングに適用する
 と、設計寸法からのずれが小さい高精度なパターニング
 を行うことが可能となる。上記のコンタクトホール形成
 方法と同様に、シリコン酸化膜上にレジストを塗布し、
 フォトリソグラフィ工程によりレジストをパターニング
 する。次に、相対的に低い RF 出力で第 1 のエッチング
 処理を行い、レジスト表面にエッチングガスの反応物を
 堆積させる。その後、相対的に高い RF 出力で、レジ
 ストをマスクとして下地のシリコン酸化膜に第 2 のエッ
 チング処理 (異方性エッチング) を行う。上記のプラズ
 マエッチング方法は、例えば、ポリシリコンゲート電極を
 加工するためのエッチングマスクとなるシリコン酸化膜
 をパターニングする場合など、半導体装置の製造過程に
 おいて高精度な加工が要求されるプロセスに適用する
 ことができる。

【0052】本発明のコンタクトホール形成方法および
 プラズマエッチング方法の実施形態は、上記の説明に限
 定されない。例えば、半導体基板に達するコンタクトホ
 ール以外に、多層配線の配線間に設けられるコンタクト
 ホールに、本発明の方法を適用することも可能である。
 その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の変更
 が可能である。

【0053】

【発明の効果】本発明のコンタクトホール形成方法によ
 れば、コンタクトホールトップ径の幅が a が抑制され、
 コンタクトホールと上層配線とのオーバーラップ量を十
 分に確保することが可能となる。したがって、コンタク

ト抵抗の増大が防止され、半導体装置の高速性、信頼性等の特性を向上させることができる。本発明のプラズマエッチング方法によれば、半導体装置の製造過程において、例えば酸化シリコンからなる絶縁膜に設計寸法からのずれが少ない高精度なパターニングを行うことが可能となる。

【図1】本発明のコンタクトホール形成方法およびプラズ마エッチング装置の概略図に用いることができるエッチング装置の例であり、(A)はマグネトロン型、(B)は平行平板型のそれぞれ概略図である。

【図2】(A)～(C)は本発明のコンタクトホール形成方法の工程を表す断面図である。

【図3】本発明のコンタクトホール形成方法の実施形態1～6に係る第1のエッチング工程の高周波(RF)出力と、レジスト表面の反応物堆積速度との相関性を表すグラフである。

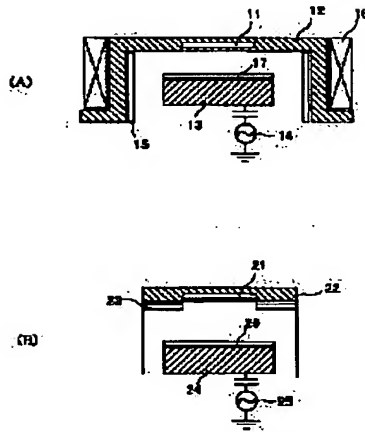
【図4】(A)および(B)は従来のコンタクトホール形成方法の工程を表す断面図である。

【図5】(A)は従来のコンタクトホール形成方法により形成されるコンタクトホールの断面図である。(B)はコンタクトホールと上層配線とのオーバーラップ量と、コンタクト抵抗との相関を模式的に示すグラフである。

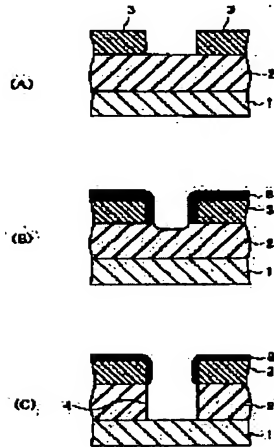
【符号の説明】

1…基板、2…層間絶縁膜、3…レジスト、4…コンタクトホール、5、5'…バリアメタル層、6…プラグ、7…上層配線、8…堆積物、11、21…ガスインレット、12、22…上部電極、13、24…下部電極、14、25…高周波電源、15、23…シールドリング、16…永久磁石、17、26…ウエハ。

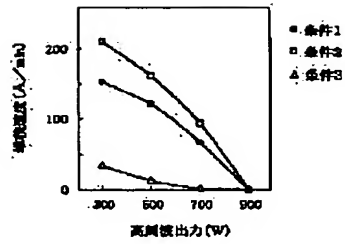
【図1】



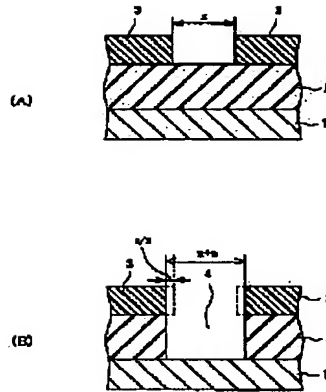
【図2】



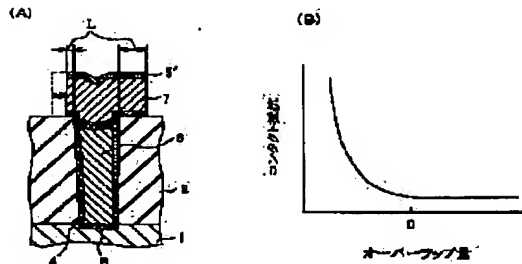
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

F ターム(参考) 4M04 DD08 DD16 HH14
 5F004 RA16 BA04 BA09 BA13 BA20
 BB18 CA01 DA00 DA01 DA16
 DA26 DB03 EA13 EA28 EB01
 5F033 Q009 Q012 Q015 Q021 Q026
 RR04 SS11 WW10 XX03